Редактор *Ж. И. Ефименко*
Художник *В. Е. Лучко*
Художественный редактор
П. М. Пацалюк
Технический редактор
Л. А. Дикарев
Корректор *Э. В. Мазура*

Издательство «Реклама»
Киев — 1972 г.

БФ 18946. Сдано на производство 9. II. 1972 г. Подписано к печати 19. IV. 1972 г. Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 0,125. Изд. № 9369. Заказ 277. Тираж 5000. Киевская книжная типография № 6.

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Прогресс в различных областях технической электроники, особенно в последнее десятилетие, требует создания многообразных электронных устройств таких, как ионные источники тока, усилители магнетронного типа, различного рода электронно-лучевые пушки, лампы бегущей волны (ЛРВ), клистроны, термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую (ТЭП), МГД-генераторы и т. д.

Эти приборы характеризуются повышенными эмиссионными свойствами, способностью работать в широком температурном диапазоне и относительно низком вакууме, механической прочностью, устойчивостью против ионной бомбардировки, малой скоростью испарения, повышенным коэффициентом вторичной эмиссии, что в значительной степени определяется новыми катодными материалами.

В последние годы были проведены работы по изысканию эффективных термоэмиттеров на основе металлических сплавов и соединений переходных металлов с неметаллами, обладающих меньшими значениями работы выхода по сравнению с чистыми металлами, что позволило получить высокие плотности токов эмиссии при более низких рабочих температурах. Полученные при этом результаты, например для боридов редкоземельных элементов (РЗЭ) и карбидов металлов IV, V групп периодической системы, указывают на перспективность дальнейшего исследования эмиссионных свойств сложных металлических и металлоподобных сплавов на основе переходных металлов. В частности, большой научный и практический интерес представляет повышение эмиссионных параметров такого катодного материала, как вольфрам. Интересно изучить влияние на термоэмиссионные свойства вольфрама соединений РЗЭ в связи с особенностями электронного строения компонентов сплавов.

Все это определяет актуальность исследования термоэмиссионных свойств сплавов на основе вольфрама с целью изыскания высокоэффективных электродных материалов для новой техники.

Существующие теории термоэмиссии недостаточно совершенны и не дают возможность заранее, без эксперимента, предсказать работу выхода электронов сложного композиционного материала. Поэтому важную роль как в научном, так и прикладном отношении играет разработка эмпирических закономерностей, связывающих эмиссионные свойства переходных металлов с их электронным строением, что позволило получить ряд рекомендаций чисто практического значения для сознательного синтеза новых катодных материалов с заданными эмиссионными параметрами, приведенными в таблице.

Сплав	Зависимость работы выхода от температуры $\varphi_0 + \left(\frac{d\varphi}{dT}\right) T$, эв	Работа выхода при 1700° К $\varphi_{1700°\,К}$, эв	Плотность тока эмиссии при 1700° К $j_{1700°К}$, $a/см^2$	Коэффициент излучения при 1700° К, ε_λ	Плотность тока эмиссии при 1900° К $j_{1900°\,К}$, $a/см^2$
W—LaB_6 (1%)	$2{,}44+1{,}6\cdot10^{-4}\,T$	2,71	3,3	0,46	20
W—CeO_2 (1%)	$2{,}44+2{,}00\cdot10^{-4}\,T$	2,78	2,00	0,85	14
W—Sm_2O_3 (1%)	$2{,}42+2{,}00\cdot10^{-4}\,T$	2,76	2,40	0,85	16
W—LaB_6 (10%)	$2{,}47+1{,}75\cdot10^{-4}\,T$	2,77	2,30	0,70	15

Эти материалы можно сопоставить с известными сплавами на основе тугоплавких металлов — вольфрама, молибдена,— легированных редкоземельными элементами, а также гексаборидом лантана. Разработанные сплавы, обладая повышенной эмиссионной способностью, работают при более высоких температурах ($\sim$ 2000°К).

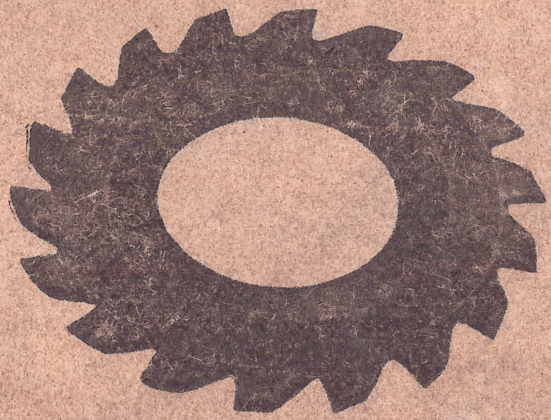
МИНИСТЕРСТВО ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
Трест «Союзтвердосплав»

СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО

«ОРГПРИМТВЕРДОСПЛАВ»

ЦЕЛЬНОТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ПРОРЕЗНЫЕ ФРЕЗЫ

(РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ)



Москва

6-я тип., Рига, 196? г. Зак. 1595-а. 1000. Л-80336.

МИНИСТЕРСТВО ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
Трест «Союзтвердосплав»

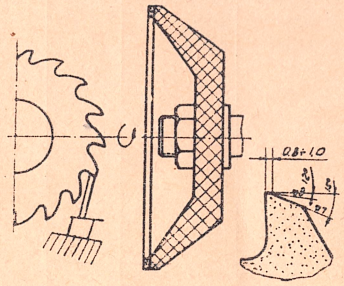
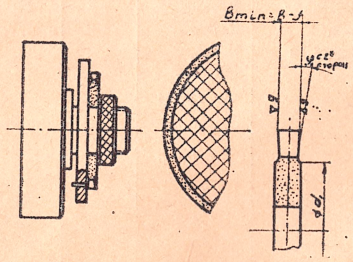
СПЕЦИАЛЬНОЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО
«ОРГПРИМТВЕРДОСПЛАВ»

ЦЕЛЬНОТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ПРОРЕЗНЫЕ ФРЕЗЫ

(Рекомендации по изготовлению и применению)

Москва — 1970

Инструмент			Режим					Примечание
						Подача		
режущий	вспомогательный	мерительный	скорость детали, *м/мин*	скорость круга, *м/сек*	глубина резания, *мм*	продольная, *м/мин*	поперечная, *мм (дв. ход)*	
5	6	7	8	9	10	11	12	13
Алмазный круг АЧК 125×60×32×5 АС12——АС8 100% Б1	Оправка, упорка	Угломер и индикатор	—	28	—	1,5	0,01	—
Алмазный круг АПП 125×10×3 АС8——АС6 100% Б	Оправка специальная	Микроскоп УИМ—21	10	28	—	—	0,01	—

№ операции	Наименование операции и переход	ЭСКИЗ ОБРАБОТКИ	Станок
1	2	3	4
VI	**Заточная** Заточить задний угол 12° и заднюю грань под углом 15°		Универсально-заточной 3А64Д
VII	**Шлифовальная** Шлифовать поднутрение		Круглошлифовальный 310П, 3А12

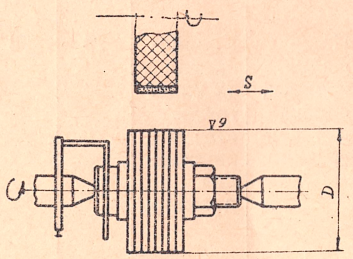
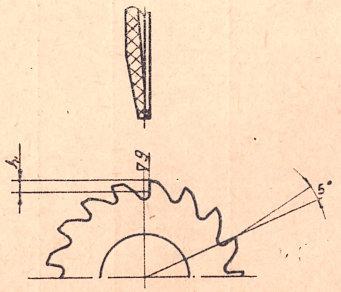
Составители: *Александров П. Д.,*
Вуйцик Г. Л.,
Гущина Н. К.

Под редакцией *Левина Б. З.*

Настоящий материал содержит рекомендации по конструированию, технологии изготовления и применению цельнотвердосплавных прорезных фрез.

При составлении материала использованы работы ВНИИТСа, НИАТа и других организаций.

Инструмент			Режим					Примечание
режущий	вспомогательный	мерительный	скорость детали, *м/мин*	скорость круга, *м/сек*	глубина резания, *мм*	Подача		
						продольная, *м/мин*	поперечная, *мм (дв. ход)*	
5	6	7	8	9	10	11	12	13
Алмазный круг АПП 200×10×75×5 АС8—АС6 100% Б1	Оправка специальная	Индикатор, скоба	5—8	30	0,02	0,6—0,8	0,01	—
Алмазный круг А1Т или АТ75×10×3 АС8—АС6 100% Б1	Оправка, центра	Угломер, микроскоп, эталон чистоты	—	18	—	1,5	0,01	—

№ операции	Наименование операции и переход	ЭСКИЗ ОБРАБОТКИ	Станок
1	2	3	4
IV	Шлифовальная Шлифовать наружный диаметр		Круглошлифовальный 310П, 3А12
V	Заточная Заточить по передней грани		Универсально-заточной 3А64Д

Прорезные цельнотвердосплавные фрезы предназначены для прорезания пазов, шлицев и других видов обработки с соблюдением довольно жесткого допуска на размер по ширине паза в закаленных и нержавеющих сталях, титановых сплавах и других труднообрабатываемых материалах.

Успешное внедрение в производство прорезных цельнотвердосплавных фрез во многом зависит от комплексного решения ряда конструкторских и технологических вопросов.

При разработке конструкций прорезных цельнотвердосплавных фрез необходимо сделать правильный выбор заготовки и согласовать ее с технологическими возможностями инструментальных цехов, где будет окончательно изготовлен проектируемый инструмент.

Конструкция прорезных цельнотвердосплавных фрез должна быть технологична в изготовлении и по возможности укладываться в типоразмер уже существующей заготовки аналогичного инструмента. Это предотвратит расширение номенклатуры заготовок цельнотвердосплавного инструмента.

Твердосплавной промышленностью освоено массовое производство твердосплавных заготовок прорезных фрез с профильными зубьями (рис. 1) прессованием их в сложных пресс-формах. Путем сравнительных стойкостных испытаний определена оптимальная марка твердого сплава — ВК10М. Возможно применение и других марок твердых сплавов группы ВК (ВК8, ВК6М).

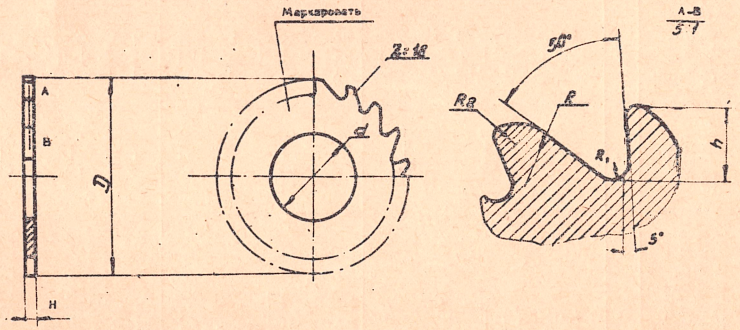


Рис. 1. Заготовка прорезной фрезы

Режимы резания при фрезеровании пазов в труднообрабатываемых материалах цельнотвердосплавными прорезными фрезами из сплава ВК10М диаметром 60—70 *мм* с числом зубьев 18—20 приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ группы по классификации	Материал (марка) детали, предел прочности, кГ/мм2	Ширина паза, мм	Глубина паза, мм	Подача на зуб фрезы мм	Скорость резания, м/мин	Число оборотов, об/мин	Минутная подача, мм	Стойкость фрезы, Т	
								м	мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
III	Х18Н10Т ЭП225	1	до 3 3—5	0,04—0,06 0,02—0,04	85—90	420—480	420—520 300—420		
	1Х21Н5Т $\sigma_в$ =60—100	1,5—2	до 3 3—6 6—9	0.06—0,08 0,04—0,05 0,02—0,04			500—700 350—450 200—350	80—100	180—300
		2—4	до 3 3—6 6—9	0,06—0,08 0,04—0,06 0,03—0,04	80	400—450	450—650 320—420 220—330		
IV	4Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481) ЭИ395	1	до 3	0,03—0,05			180—210		
	Х21Г7АН5Б Х15Н24В4Т (ЭИ835) (ЭИ696) ЭИ654	1,5—2	до 3 3—6 6—9	0,04—0,06 0,03—0,05 0,02—0,04	40—45	180—240	200—260 150—210 120—150		
	$\sigma_в$ =70—100	2—4	до 3 3—6 6—9	0,04—0,06 0,03—0,05 0,02—0,03	35—40	180—210	200—230 160—200 100—160	40—50	180—240
V	ХМ77ТЮР (ЭИ437Б)	1	до 3	0,02—0,04	16—20	90—120	70—90		
	ЭП199 (ВЖ101) ХН67ВМТЮ (ЭИ445Р) ЭИ827 (ЭИ766А) ЭИ867	1,5—2	до 3 3—6 6—8	0,03—0,05 0,02—0,04 0,02—0,03	15—18	80—100	75—100 50—70 30—50	15—20	150—210
	$\sigma_в$ =90—140	2—4	до 3 3—6 6—8	0,03—0,05 0,02—0,04 0,02—0,03			60—85 50—70 30—50		

ЦЕЛЬНОТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПРОРЕЗНЫХ ФРЕЗ

5	Инструмент: режущий	Инструмент: вспомогательный	Инструмент: измерительный	Режим: скорость детали, м/мин	Режим: скорость круга, м/сек	Режим: глубина резания, мм	Режим: Подача продольная, м/мин	Режим: Подача поперечная, мм (дв. ход)	13 Примечание
Алмазный круг АГЦ АС10—АС8 100% М1		Планшайба, прижим, оправка для центровки	Калибр-пробка (2 класс точности) на внутренний диаметр	25	28	—	0,4	0,01	Охлаждение
Алмазный круг АПВ 200×10×3 АС12—АС10 100% Б1		Специальная оправка	Лекальная линейка, микрометр, 0—25	10	20	0,02	0,05	—	Охлаждение
Алмазный круг АПВ 200×10×3 АС8—АС6 100% Б1		Специальная оправка	Индикатор, эталон чистоты	10	20	0,02	0,01	—	Охлаждение

ТИПОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ

№ операции	Наименование операции и переход	ЭСКИЗ ОБРАБОТКИ	Станок
1	2	3	4
I	Шлифовальная Шлифовать отверстие окончательно		Внутришлифовальный 3225
II	Шлифовальная Шлифовать I и II торцы предварительно		Круглошлифовальный 310П, 3А12
III	Шлифовальная Шлифовать I и II торцы окончательно		Круглошлифовальный 310П, 3А12

Продолжение

№ группы по классификации	Материал (марка) детали, пределы прочности, кГ/мм²	Ширина паза, мм	Глубина паза, мм	Площадь на зуб фрезы мм	Скорость резания, м/мин	Число оборотов, об/мин	Минутная подача, мм	Стойкость фрезы, Т мин	мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VII	ВТ3 ОТ4 ВТ5 ВТ6	1 1,5—2	до 3 3—6 6—9	0,04—0,06 0,05—0,08 0,04—0,06 0,02—0,04	70—80	380—430	400—460 400—500 300—450 150—300	80—90	180—210
	$\sigma_в$ =70—115	2,4	до 3 3—6 6—9	0,05—0,08 0,04—0,06 0,02—0,04	65—75	320—400	400—500 300—400 150—300	80—90	180—210
	ВТ14 ВТ15 $\sigma_в$ =115—150	1 1,5—2	до 3 3—6 6—9	0,04—0,06 0,05—0,08 0,04—0,06 0,02—0,04	60—70	270—370	300—400 350—420 250—400 150—250	80—90	180—210
		2—4	до 3 3—6 6—9	0,05—0,08 0,04—0,06 0,02—0,04	55—65	250—350	300—400 250—380 120—250		
VIII	Молибден $\sigma_в$ =80—100	1,5—2	до 3 3—6	0,04—0,06 0,02—0,04	70—80	300—350	200—300 130—200	8,5—9	30—40
		2—4	до 3 3—6	0,04—0,06 0,02—0,04	65—70	300—350	180—260 120—180		
	Вольфрам $\sigma_в$ =110—150	1,5—4	до 3	0,04—0,06	20—30	100—150	100—150	0,5—0,6	4—5

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. При обработке сплавов V, VII и VIII групп можно применять фрезы с пластинками твердых сплавов ВК8 и ВК6М с этими же режимами.
2. Меньшие скорости резания и подачи принимать при больших глубинах фрезерования.
3. В качестве СОЖ применять для обработки титановых сплавов — эмульсию или смесь эмульсии с 8% олеиновой кислоты, для остальных материалов — сульфофрезол.
4. Режимы даны для фрез диаметром 60—70 *мм*. При применении фрез диаметром 30 — 40 — 50 *мм* следует снижать скорости резания и минутные подачи соответственно на 30, 20 и 15%.

Чтобы устранить трение и облегчить работу фрезы при заточке снабжаются углом поднутрения φ_1, в пределах от 30′ до 2° на относительно небольшом участке, что обеспечивает большую жесткость фрезы. Рекомендуемая геометрия цельнотвердосплавных прорезных фрез дана в табл. 2.

Таблица 2

Обрабатываемый материал	$\gamma°$	$\alpha°$	$\varphi°$
Х18Н10Т, ЭП225, ЭИ811	5—10	18	1°—1°30′
ЭИ481, ЭИ395, ЭП222, ЭИ164, ЭИ835, ЭИ696, ЭИ654	5	18	1°—1°30′
ЭИ437Б, ЭИ199, ЭП202, ЭИ827, ЭИ867, ЭП487, ЭП460	0	18	1°—2°
ВТ3, ОТ4, ВТ5, ВТ6, ТС5, ВТ14, ВТ15	0	20	1°—1°30′
Молибденовые сплавы	0—(—5)	18	1°30′—2°
Вольфрамовые сплавы	0—(—5)	18	1°30′—2°

ПРИМЕЧАНИЕ. Меньшие назначения углов φ брать для фрез шириной до 1,5 *мм*, большие — для фрез шириной более 1,5 *мм*.

У прорезных фрез принята криволинейная форма зубьев (рис. 2), которая является более рациональной по сравнению с трапецеидальной и дает лучшие результаты в отношении прочности зуба, объема впадин и количества переточек.

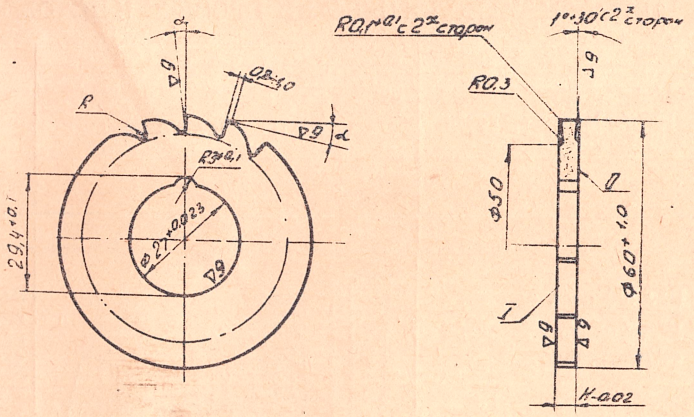


Рис. 2. Прорезная фреза

С целью повышения стойкости зубья фрез затачиваются без оставления ленточки. Для облегчения заточки и контроля допускается наличие ленточки не более 0,02 *мм*.

Для прорезных цельнотвердосплавных фрез предъявляются повышенные требования в отношении торцового биения режущей части (не свыше 0,02 *мм*), непараллельности опорных торцев (не свыше 0,01 *мм*) и радиального биения зубьев (не свыше 0,03 *мм*).

За критерий затупления прорезных фрез принимают износ по задней поверхности зубьев, равный 0,3 *мм*, при этом износ по уголкам зубьев достигает величины 0,5 *мм*. При большем износе возможна поломка как зуба, так и всей фрезы. Ширина фрезерования от 1 до 3 *мм* практически не влияет на стойкость фрез, что объясняется примерно одинаковой напряженностью режущей кромки.

Цельнотвердосплавные прорезные фрезы толщиной менее 1 *мм* при диаметре больше 60 *мм* трудоемки в изготовлении и могут выкрашиваться в процессе работы из-за малой прочности. При фрезеровании нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов применение сульфофрезола в качестве СОЖ резко повышает стойкость фрез, при обработке же титана стойкость фрез выше при работе с эмульсией.

Кроме фрез, получаемых методом прямого прессования в сложных прессформах, возможно изготовление прорезных фрез различных типоразмеров из пластифицированных заготовок.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

СВС

Самораспространяющийся Высокотемпературный Синтез

карбиды, бориды, нитриды,
силициды, халькогениды

Черноголовка 1974

ДИСУЛЬФИД МОЛИБДЕНА

Широко используется в качестве неэлектропроводной твердой смазки.

СВС — дисульфид молибдена

MoS_2, %	59,4
$S_{связ}$, %	38,1
$S_{своб}$, %	1

СВС — дисульфид молибдена, легированный ниобием

Новая перспективная электропроводная смазка.

Mo, %	61,3
$S_{связ}$, %	38,1
$S_{своб}$, %	0,3
Удельное электросопротивление, *ом·см*	$3{,}1 \cdot 10^{-3}$
Коэффициент трения на воздухе	0,23
Коэффициент трения в вакууме	0,05

ДИСИЛИЦИД МОЛИБДЕНА

Применяется для изготовления нагревателей к высокотемпературным электропечам.

СВС — дисилицид молибдена

Кристаллическая тетрагональная структура

Параметры решетки, Å

$a = 3{,}197$
$c = 7{,}956$
$c/a = 2{,}49$

Редакционно-издательский отдел ИХФ АН СССР

Т 02637 31.I 1974 г. Объем 0,5 п. л. Зак. 96. Тир. 300 экз.

Типография ИХФ АН СССР

В результате теоретических и экспериментальных исследований механизма горения конденсированных систем, выполненных в Отделении Института химической физики АН СССР (Черноголовка), создан метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза тугоплавких неорганических соединений (СВС)* .

В основе метода лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, протекающая в режиме направленного горения. Процесс осуществляется в тонком слое смеси исходных реагентов после локального инициирования реакции и самопроизвольно распространяется по всей системе благодаря теплопередаче от горячих продуктов к ненагретым исходным веществам. В качестве исходных веществ используются металлы II, III, IV, V, VI, VIII групп периодической системы в смеси с неметаллами.

Схема процесса:

$$\sum_{i=1}^{m} X_{(i)} + \sum_{j=1}^{n} Y_{(j)} = Z$$

$\sum_{i=1}^{m} X_{(i)}$	$\sum_{j=1}^{n} Y_{(j)}$	Z
Металл в твердом состоянии	Неметалл в твердом, жидком или газообразном состоянии	Твердый или жидкий продукт реакции

$X_{(i)}$ — Mg, B, Al, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, W, Cr, Mo, Mn, Fe, Ni;
$Y_{(j)}$ — C, B, N_2, Si, O_2, S, Se;
Z — карбиды, бориды, нитриды, силициды, окислы, сульфиды, селениды, интерметаллиды, твердые растворы, сложные многокомпонентные системы.

СВС-процесс характеризуется высокой температурой (2000—4000°С) и большой скоростью распространения фронта горения (0,5—15 *см/сек*).

* *А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская, В. М. Шкиро.* Авторское свидетельство № 255221, 1967; пат. Фр. № 7014363, 1972; пат. США № 3726643, 1973.

Развивающаяся в зоне реакции температура возникает за счет собственных энергетических возможностей исходной системы без использования каких-либо нагревательных устройств, что существенно упрощает и удешевляет технологию и практически сводит к нулю расходы электроэнергии.

Высокая температура обеспечивает полноту превращения исходных элементов в конечные продукты и способствует испарению примесей, поэтому целевые продукты имеют высокую чистоту.

Большие скорости горения обеспечивают высокую производительность процесса.

СВС-процесс — легкоуправляем. Изменяя условия горения (температуру, давление, соотношение исходных реагентов), можно в широких пределах регулировать химический и фазовый состав получаемых продуктов.

Таким образом, самораспространяющийся высокотемпературный синтез является одним из самых совершенных современных методов.

В настоящее время с помощью метода СВС получено свыше 70 простых и сложных соединений различных классов, в том числе:

КАРБИДЫ

— TiC_x, ZrC_x (где $x=0{,}6$—$1{,}0$), HfC, VC, NbC, Nb_2C, TaC, SiC, WC, W_2C;

НИТРИДЫ

— BN, AlN, TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN (куб.), TaN (гекс.), Ta_2N;

БОРИДЫ

— TiB, TiB_2, ZrB_2, ZrB_{12}, HfB_2, VB, VB_2, NbB, NbB_2, TaB, TaB_2, CrB, CrB_2, MoB, MoB_2, Mo_2B, Mo_2B_5, WB, WB_2, W_2B, MnB, FeB, NiB;

СИЛИЦИДЫ

— TiSi, $TiSi_2$, ZrSi, $ZrSi_2$, $MoSi_2$;

ХАЛЬКОГЕНИДЫ

— $TiSe_2$, $NbSe_2$, $TaSe_2$, $MoSe_2$, WSe_2, MoS_2;

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ

— TiC—WC, Ni—Al, MoS_2—NbS_2, NbC—NbN, TiC—TiN, TaC—TaN, $Nb_xZr_{1-x}C_yN_{1-y}$ и др.

В ОИХФ АН СССР создано опытное производство ряда ценных тугоплавких соединений. Эти продукты могут поставляться организациям для производства опытных изделий и проведения исследовательских работ.

Наш адрес: 142432, п/о Черноголовка, Московская область, Ногинский район, ОИХФ АН СССР, «СВС».

КАРБОНИТРИД ТИТАНА

СВС — карбонитрид титана

$TiC_{054}N_{046}$

Перспективный материал для использования в составе безвольфрамовых твердых сплавов.

Ti, %	78,2
$C_{связ}$, %	10,6
$C_{своб}$, %	Отсутствует
N, %	10,4
O, %	0,15
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl, однофазный
Параметр решетки, Å	$a=4{,}279$

СВС — карбонитриды тантала

$TaC_{034}N_{072}$

Не известные ранее соединения в системе TaC—TaN, содержащие более 40 ат. % TaN.

Ta, %	92,3
$C_{связ}$, %	2,1
$C_{своб}$, %	Отсутствует
N, %	5,2
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl, однофазный
Параметр решетки, Å	$a=4{,}383$

$TaC_{057}N_{042}$

Ta, %	92,7
$C_{связ}$, %	3,5
$C_{своб}$, %	Отсутствует
N, %	3,0
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl, однофазный
Параметр решетки, Å	$a=4{,}421$

БОРИДЫ переходных металлов IV—VI групп периодической системы элементов

Диборид титана, ванадия, ниобия, тантала, молибдена применяются в составах жаропрочных твердых сплавов для изготовления режущих инструментов; в качестве износостойких материалов для помольных аппаратов; в качестве тугоплавких материалов, стойких к расплавленным металлам.

СВС — бориды

Характеристика	Формула				
	TiB_2	TaB_2	NbB_2	MoB_2	V_3B_2
Металл, %	68,9	88,8	80,9	90,0	86,9
$B_{общ}$, %	30,7	10,7	18,7	10,1	14,1
$B_{своб}$, %	—	0,19	0,20	—	—
O, %	0,02	0,12	0,14	0,14	—
Кристаллическая структура	Гексагональная, типа AlB_2			—	—
Параметры решетки, Å	$a=3{,}025$ $c=3{,}202$ $c/a=1{,}058$	$a=3{,}100$ $c=3{,}240$ $c/a=1{,}040$	$a=3{,}064$ $c=3{,}134$ $c/a=1{,}02$	— — —	— — —

НИТРИД ТИТАНА

Применяется в составе специальных огнеупоров и жаропрочных сплавов; в составе абразивных материалов; в покрытиях, стойких к расплавленным металлам.

СВС — нитрид титана

Ti, %	77,1
N, %	21,7
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å	a=4,236
Микротвердость, *кГ/мм²*	1800

НИТРИД ЦИРКОНИЯ

Применяется в качестве коррозионностойких высокотемпературных покрытий, в электропроводных материалах для электротехники.

СВС — нитрид циркония

Zr, %	87,5
N, %	12,8
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å	a=4,568
Микротвердость, *кГ/мм²*	1570

НИТРИД НИОБИЯ

Применяется в качестве электропроводного материала в радиоэлектронике и электротехнике.

СВС — нитрид ниобия

Nb, %	87,2
N, %	12,9
O, %	<0,2
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å	a=4,382
Микротвердость, *кГ/мм²*	1670

СВС — нитрид гафния

Hf, %	92,1
N, %	17,2
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å	a=4,504

СВС — нитрид тантала (кубический)

Ранее не был известен, обладает уникальной среди нитридов переходных металлов микротвердостью.

Ta, %	92,2
N, %	7,3
C, %	0,06
Кристаллическая структура	кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å	a=4,323
Микротвердость, *кГ/мм²*	3200

КАРБИДЫ ТИТАНА

Применяются в твердых сплавах для изготовления режущего инструмента; в составах жаропрочных керметов и коррозионностойких покрытий; в составе сплавов для изготовления фрикционных материалов.

СВС — карбиды титана

Характеристика	Марка				
	СВС/КТ-П	СВС/КТ-500	СВС/КТ-250	СВС/КТ-100	СВС/КТ-40
Ti, %	79,4 —80,5	79,4 —80,5	79,4 —80,5	79,4 —80,6	79,4 —80,6
$C_{связ}$, %	19,4 —20,0	19,4 —20,0	19,4 —20,0	19,3 —19,9	19,3 —19,9
$C_{своб}$, %	0,1 — 0,3	0,1 — 0,3	0,1 — 0,3	0,15— 0,35	0,15— 0,35
O, %	0,09— 0,2	0,09— 0,2	0,09— 0,2	0,1 — 0,2	0,1 — 0,2
N, %	Следы				
Fe, %	0,02	0,06	0,06	0,1	0,08
Si, %	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Кристаллическая структура, период решетки, Å	Кубическая, типа NaCl, a = 4,324				
Микротвердость, *кГ/мм²*	3200				
Пикнометрическая плотность, *г/см³*	4,24	4,26	4,33	4,47	4,67
Удельная поверхность, *м²/г*	0,0428	0,0037	0,0079	0,0192	0,0643
Насыпной вес	1,870	1,061	1,564	1,670	1,859
Фракционный состав	<500	<500>250	<250>100	<100>40	<40

КАРБИД ТИТАНА (высокой чистоты)

	Химический состав, %	
	теоретический для (TiC)	СВС-карбид
Ti	79,95	79,4
$C_{связ}$	20,05	20,0
$C_{своб}$	0	⩽0,1
O	0	0,1
N	0	Следы

Нестехиометрические карбиды титана

Характеристика	Марка			
	СВС/КТ-Н 0,9	СВС/КТ-Н 0,8	СВС/КТ-Н 0,7	СВС/КТ-Н 0,6
Формула	$TiC_{0,89}$ — $TiC_{0,91}$	$TiC_{0,79}$ — $TiC_{0,82}$	$TiC_{0,69}$ — $TiC_{0,71}$	$TiC_{0,60}$ — $TiC_{0,62}$
Ti, %	80,8—81,7	82,2—83,3	83,4—83,9	85,7—86,9
$C_{связ}$, %	18,2—18,6	16,5—17,1	14,7—15,1	13,1—13,5
$C_{своб}$, %	Отсутствует			
O, %	0,15—0,25	0,25—0,30	0,30—0,40	0,30—0,40
N, %	Следы			
Fe, %	0,02	0,06	0,06	0,1
Кристаллическая структура, параметр решетки, Å	Кубическая, типа NaCl			
	a=4,325	a=4,326	a=4,318	a=4,305
Пикнометрическая плотность, $г/см^3$	4,37	4,27	4,19	4,10

КАРБИДЫ ЦИРКОНИЯ

Применяются в составе жаропрочных сплавов; в качестве высокотемпературных конструкционных материалов; в сплавах, стойких к расплавленным металлам; в термоэлектрических устройствах.

СВС — карбиды циркония

Характеристика	Марка				
	СВС/КЦ-П	СВС/КЦ-Н 0,9	СВС/КЦ-Н 0,8	СВС/КЦ-Н 0,7	СВС/КЦ-Н 0,6
Формула	ZrC	ZrC_{088} — ZrC_{092}	ZrC_{077} — ZrC_{081}	ZrC_{069} — ZrC_{074}	ZrC_{059} — ZrC_{061}
Zr, %	87,7—88,4	89,2—89,6	89,5—90,5	90,7—91,6	92,0—93,2
$C_{связ}$, %	11,5—11,7	10,4—10,8	9,2—9,7	8,4—8,9	7,3—7,5
$C_{своб}$, %	0,1—0,2	Отсутствует			
O, %	0,09—0,3	0,1—0,3	0,05—0,3	0,05—0,3	0,1—0,36
N, %	Следы				
Кристаллическая структура, параметр решетки, Å	Кубическая, типа NaCl				
	a=4,683	a=4,683	a=4,689	a=4,681	a=4,677
Микротвердость, $кГ/мм^2$	2560	—	—	—	—
Пикнометрическая плотность, $г/см^3$	5,58	5,88	5,76	5,56	5,58

КАРБИД НИОБИЯ

Применяется для изготовления нагревательных элементов высокотемпературных электропечей; в качестве легирующей добавки к металлокерамическим твердым сплавам; для изготовления металлокерамических фильтров, электронных трубок и т. д.

СВС — карбид ниобия

Nb, % 88,25
$C_{связ}$, % 11,4
$C_{своб}$, % 0,1
O, % 0,06
N, % . . . . . Следы
Кристаллическая структура . . . кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å . . . . . a=4,461
Микротвердость, $кГ/мм^2$ 2340

КАРБИД ТАНТАЛА

Используется в качестве легирующей добавки в металлокерамических твердых сплавах; в качестве высокотемпературного конструкционного материала.

СВС — карбид тантала

Ta, % 93,5
$C_{связ}$, % 6,1
$C_{своб}$, % 0,1
O, % 0,29
N, % . . . . . Следы
Кристаллическая структура . . . кубическая, типа NaCl
Параметр решетки, Å . . . . . a=4,458
Микротвердость, $кГ/мм^2$ 1790

НИТРИД БОРА (гексагональный)

Применяется в качестве термоизоляционного и огнеупорного материала; в составе высокотемпературных смазок; как антифрикционный материал, работающий в агрессивных средах; в качестве диэлектрика.

СВС — нитрид бора

$B_{связ}$, % 43,0
$B_{своб}$, % 0,05
N, % 55,1
Кристаллическая структура . . . гексагональная
Параметры решетки, Å . . . . . a=2,51, c=6,67, c/a=2,65

НИТРИД АЛЮМИНИЯ

Применяется в качестве тугоплавкого термостойкого материала для огнеупоров.

СВС — нитрид алюминия

Al, % 65,6
N, % 32,6
Кристаллическая структура . . . вюрцитоподобная